

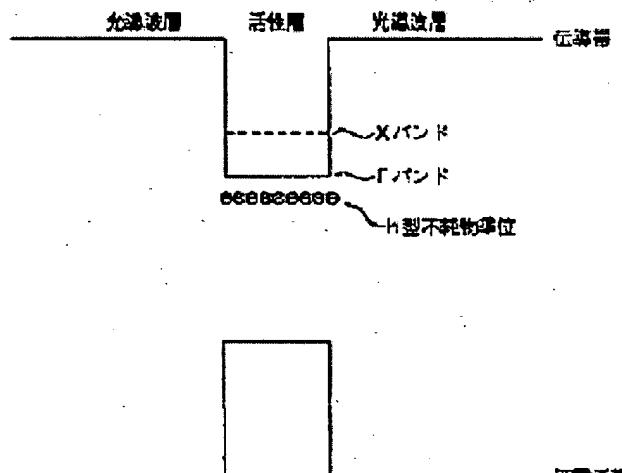
## SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

**Patent number:** JP8181378  
**Publication date:** 1996-07-12  
**Inventor:** TANAKA TOSHIAKI; UCHIDA KENJI; MINAGAWA SHIGEKAZU  
**Applicant:** HITACHI LTD  
**Classification:**  
- international: H01S3/18  
- european:  
**Application number:** JP19940317954 19941221  
**Priority number(s):** JP19940317954 19941221

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP8181378

**PURPOSE:** To improve the efficiency of carrier injection to a light emitting active layer, and realize a highly efficient laser operation at a low threshold value, by restraining the carrier which transfers from the direct transition & Gamma band structure to the indirect transition X band structure. **CONSTITUTION:** The carrier which causes the band filling effect making electron density of a conduction band in a light emitting active layer excessive and transfers from the direct transition & Gamma band structure to the indirect X band structure is restrained. By the carrier restraint, the band structure wherein the carrier is confined in the direct transition & Gamma band structure is formed. The transition provability of light emission from the direct transition & Gamma band structure is increased and laser operation is realized. Even in the case where the direct transition band structure is adjacent to the indirect transition band structure, the carrier injection efficiency is improved and the luminous efficiency can be increased, by improving the carrier density stored in the direct transition band structure.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-181378

(43) 公開日 平成8年(1996)7月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全5頁)

(21) 出願番号 特願平6-317954

(22) 出願日 平成6年(1994)12月21日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 傑明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 内田 慶治

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 皆川 重量

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

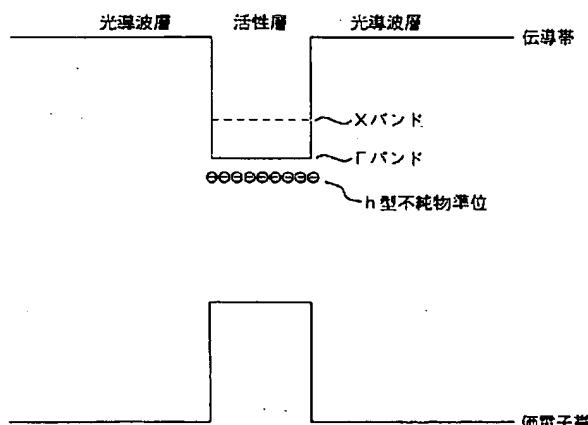
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【目的】 短波長半導体レーザにおける特性を改善する。  
【構成】 直接遷移「点エネルギーが間接遷移X点エネルギーに接近した材料により発光活性層が形成される短波長半導体レーザで、n型不純物ドープによって $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上の電子濃度を設定し、発光活性層の伝導帯の電子密度を過剰にするバンドフィーリング効果を容易に引き起こさせる。このとき、発光活性層を多重量子井戸構造とし、不純物散乱の影響を受けないように、量子障壁層にn型不純物を変調ドープする。

【効果】 n型不純物をドーピングしない従来素子に比べて、閾値電流を2/3に、内部量子効率を2倍以上に改善させた高効率のレーザ素子を得た。

図 2



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体発光活性層において、間接遷移を示すXバンド構造に十分キャリアを充満させてバンドフィリング(Band Filling)効果を引き起こし、直接遷移Γバンド構造から前記間接遷移Xバンド構造へ移行するキャリアを抑制することにより、前記直接遷移Γバンド構造にキャリアが閉じ込められるバンド構造を形成し、前記バンド構造の前記直接遷移Γバンド構造から発光する遷移確率が増大してレーザ動作することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】請求項1において、前記発光活性層が、前記直接遷移Γ点エネルギーが前記間接遷移X点エネルギーに接近した材料によって形成されるときに、n型不純物を前記発光活性層へ直接ドープするかあるいは前記発光活性層にキャリアを閉じ込めるための障壁となる層にドープする半導体レーザ素子。

【請求項3】請求項1または2において、前記発光活性層は量子井戸層と量子障壁層を周期的に設けた多重量子井戸構造から成り、前記量子障壁層にのみn型不純物を変調ドープする半導体レーザ素子。

【請求項4】請求項1または2において、半導体基板上に前記発光活性層の両側に光導波層を設けてあり、前記光導波層は原子層オーダの膜厚から成る超格子構造から形成されており、前記超格子構造が間接遷移型の材料で形成されていても前記間接遷移Xバンド構造の前記直接遷移Γバンド構造への折り返しによるゾーンフォルディング(Zone Folding)効果により直接遷移のエネルギーバンド構造を示し、前記超格子障壁層にのみn型不純物を変調ドープする半導体レーザ素子。

【請求項5】請求項1または4において、前記超格子障壁層にドープしたn型不純物により発生したキャリアがトンネル効果により輸送されて、前記発光活性層に注入され蓄積される半導体レーザ素子。

【請求項6】請求項1または5において、前記発光活性層に蓄積されるレーザ発振に必要なキャリア密度よりも、前記発光活性層における量子障壁層や前記超格子構造における超格子障壁層に変調ドープした不純物によるキャリア濃度の方が相対的に高く、活性化したキャリア濃度はバンドフィリング効果を容易に引き起こすために十分な $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上に設定してある半導体レーザ素子。

【請求項7】請求項1, 2, 3, 4, 5または6において、前記半導体基板は基板面方位が(001)面から $0^\circ \sim 54.7^\circ$ の範囲に傾いている半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報処理或いは光応用計測用に適した光源となる半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の技術では、GaInP/AlGaInP可視発光材料を用いてダブルヘテロ構造を作製することにより、赤色発光ダイオードの発光効率をホモ接合の場合に比べて約十倍に高めたことについて、例えば、公知例1)エレクトロニクス・レタース1993年、29巻、1346頁(Electron. Lett., 29, 1346-1347 (1993).)に述べられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術では、短波長半導体レーザの量子効率を向上させるための構造的な手段について述べていない。また発光活性層に対するキャリア注入の効率を向上させる方法について詳細を述べていない。

【0004】本発明の目的は、直接遷移のバンド構造が間接遷移のバンド構造に接近している場合にも、直接遷移のバンド構造に蓄積するキャリア密度を向上させる手段を用いて、発光活性層に対するキャリア注入の効率を向上させ、低閾値でかつ高効率のレーザ動作を達成することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の主な目的は、直接遷移Γ点エネルギーが間接遷移X点エネルギーに接近した材料により半導体レーザの発光活性層が形成されるときに、これまでよりも低閾値でかつ高効率で動作する素子を得るための手段を講じることである。この手段では、発光活性層で伝導帯の電子密度を過剰にするバンドフィリング効果を容易に引き起こさるために、n型不純物ドープによって $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上の電子濃度を設定する。このとき、発光活性層を多重量子井戸構造とし、不純物散乱の影響を受けないように、量子障壁層に変調ドープする。また、光導波層から発光活性層に電子を供給するために、まず間接遷移型の光導波層を超格子構造としてゾーンフォルディング効果によって直接遷移型のバンド構造を形成させ、さらに超格子障壁層にn型不純物を変調ドープする。超格子導波層に発生した電子は、トンネル効果により発光活性層へ注入される。

## 【0006】

【作用】本発明では、直接遷移Γ点エネルギーが間接遷移X点エネルギーに接近した材料の伝導帯バンド構造で、バンドフィリング効果を十分生じる $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上のキャリア濃度を発生させるにより、電子過剰の状態を作り出す。このように、発光活性層と光導波層でn型不純物をドープすることにより、間接遷移Xバンド構造に分布する電子密度を極端に増大させると、直接遷移Γバンド構造から間接遷移Xバンド構造へ移行する電子を抑制させることができる。その結果、直接遷移Γバンド構造に蓄積する電子密度を増大させることができ、キャリア閉じ込めの効果が向上する。発光活性層では、直接遷移の確率が増して発光効率が改善されることになる。

## 【0007】

## 【実施例】

【実施例1】本発明の一実施例を図1、図2により説明する。まず図1で、(001)面から25.2°傾いた(311)面を有するn型GaAs基板1(N=5×10<sup>17</sup>~1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>)を用いて、その上にPの組成がグレーデッドに変化したn型GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>バッファ層2(d=50~70μm, N=5×10<sup>17</sup>~1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>, x=0~0.4), n型Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層3(d=5μm, N=7~9×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>), n型(A<sub>1</sub>,Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P光導波層4(d=1.3μm, N=5~7×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>, y=0.7), 膜厚50nmのアンドープGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P活性層5, p型(A<sub>1</sub>,Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P光導波層6(d=1.0μm, N=3~5×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>, y=0.7), p型Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層7(d=0.1μm, N=7×10<sup>17</sup>~1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>)をエピタキシャル成長した。

【0008】ここで活性層5の周辺の伝導帯および価電子帯バンド構造の概略は図2のようになり、活性層5にはn型不純物をドープして1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>濃度のキャリアを設定する。

【0009】この後、ホトリソグラフィによりSiO<sub>2</sub>マスク(膜厚d=0.1μm)を形成し、ケミカルエッチングにより層6を活性層5から0.2μm残すところまで層7と層6をエッチング除去してリッジストライプを形成する。次に、SiO<sub>2</sub>マスクを残したまま、n型GaAs<sub>0.5</sub>P<sub>0.5</sub>電流狭窄層8(d=1μm, N=1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>)を選択成長する。SiO<sub>2</sub>マスクを除去した後、p型GaAs<sub>0.5</sub>P<sub>0.5</sub>コンタクト層9(d=2~3μm, N=5×10<sup>18</sup>~1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>)を埋め込み成長する。その後、p電極10及びn電極11を蒸着する。さらに、劈開してバー状の素子に切り出し、図1の断面を有する素子を得る。

【0010】本実施例における素子では、波長範囲570~590nmで、閾値電流は70~90mAであり、内部量子効率30~50%のレーザ発振が可能であった。これらは、n型不純物をドーピングしない素子に比べて、閾値電流は2/3に低減できており、内部量子効率は2倍以上の値である。

【0011】(実施例2)本発明の他の実施例を図3、図4により説明する。まず図3で、実施例1と同様に素子を作製し、発光活性層は膜厚8nmのアンドープGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P歪量子井戸層3層と、膜厚8nmのアンドープ(A<sub>1</sub>,Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P(y=0.5)量子障壁層2層、および両側に設けた膜厚30nmのアンドープ(A<sub>1</sub>,Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P(y=0.5)光分離閉じ込め層から構成される歪多重量子井戸構造12とする。

【0012】このとき多重量子井戸層周辺の伝導帯および価電子帯バンド構造の概略は図4のようになる。

【0013】n型不純物を変調ドープする量子障壁層と

光分離閉じ込め層には、1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>濃度のキャリアを設定する。その他、実施例1と全く同様に素子を作製する。

【0014】本実施例の素子では、波長範囲570~590nmで、閾値電流は50~70mAであり、内部量子効率50~70%のレーザ発振が可能であった。これらは実施例1よりも改善できており、n型不純物をドーピングしない素子に比べて、閾値電流は2/3に低減できており、内部量子効率は2倍以上の値を得た。

【0015】(実施例3)本発明の他の実施例を図5、図6により説明する。まず図5で、実施例2と同様に素子を作製し、発光活性層は同様の歪多重量子井戸構造とするが、量子障壁層と閉じ込め層の一部を3原子層から成るアンドープGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P超格子井戸層とn型変調ドープした4原子層から成る(A<sub>1</sub>,Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P(y=0.5)超格子障壁層により形成した超格子構造の層13および層14とする。

【0016】このとき多重量子井戸層周辺の伝導帯および価電子帯バンド構造の概略は図6のようになる。

【0017】n型不純物を変調ドープする超格子障壁層には、1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>濃度のキャリアを設定する。その他、実施例2と全く同様に素子を作製する。

【0018】本実施例における素子では、波長範囲570~590nmで、閾値電流は30~50mAであり、内部量子効率60~80%のレーザ発振が可能であった。これらは実施例1および2よりも改善できており、n型不純物をドーピングしない素子に比べて、閾値電流は2/3に低減できており、内部量子効率は2倍以上の値を得た。

【0019】

【発明の効果】本発明により、短波長半導体レーザで、直接遷移のバンド構造が間接遷移のバンド構造に接近している場合でも、直接遷移のバンド構造に蓄積されるキャリア密度を向上させることにより、キャリア注入効率を改善して発光効率を向上させることができた。これは、間接遷移を示すXバンド構造にバンドフィーリング効果を引き起こさせて十分キャリアを充満させることにより、直接遷移Xバンド構造から間接遷移Xバンド構造へ移行するキャリアを抑制した効果を発現させた。本発明

では、従来よりも低閾値で高効率のレーザ素子を得ることができ、n型不純物をドーピングしない素子に比べて、閾値電流を2/3に低減し、内部量子効率を2倍以上の値に改善した。例えば、GaInP/AlGaInP材料系で、発振波長570~590nmでレーザ発振し、閾値電流は30~50mAであり、内部量子効率は60~80%を得ることが可能であった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す素子の断面図。

【図2】本発明の一実施例における活性層内の伝導帯および価電子帯バンド構造とn型不純物ドープを示す説明

図。

【図3】本発明の他の実施例を示す素子の断面図。

【図4】本発明の他の実施例における多重量子井戸活性層内の伝導帯および価電子帯バンド構造と量子障壁層へのn型変調ドープを示す説明図。

【図5】本発明の他の実施例を示す素子の断面図。

【図6】本発明の他の実施例における多重量子井戸活性層内の伝導帯および価電子帯バンド構造と超格子量子障壁。

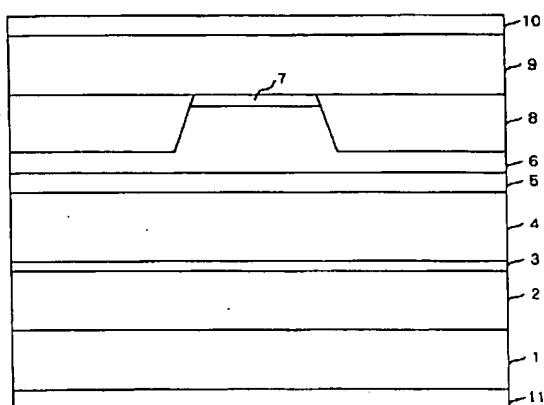
\*壁層へのn型変調ドープを示す説明図。

【符号の説明】

1…n型GaAs基板、2…n型GaAsPバッファ層、3…n型GaInP層、4…n型AlGaInP光導波層、6…p型AlGaInP光導波層、7…p型GaInP層、8…p型GaAsP光吸收電流狭窄層、9…p型GaAsPコンタクト層、10…p電極、11…n電極、13…超格子光導波層、14…超格子量子障壁層。

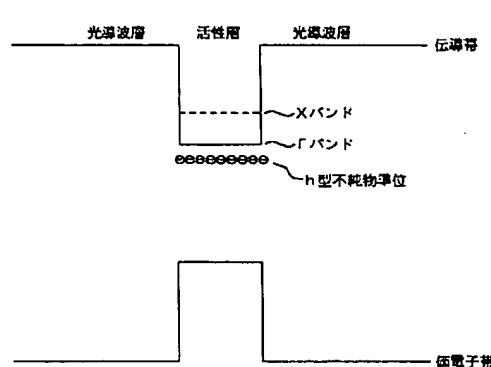
【図1】

図 1



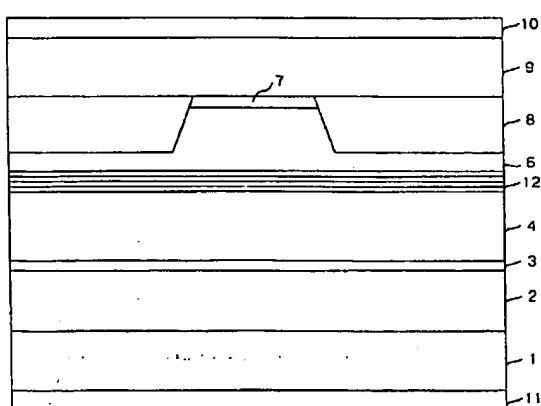
【図2】

図 2



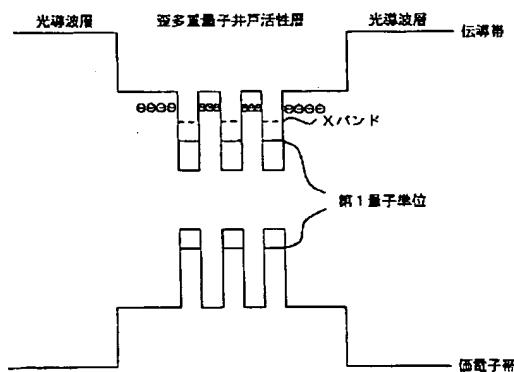
【図3】

図 3



【図4】

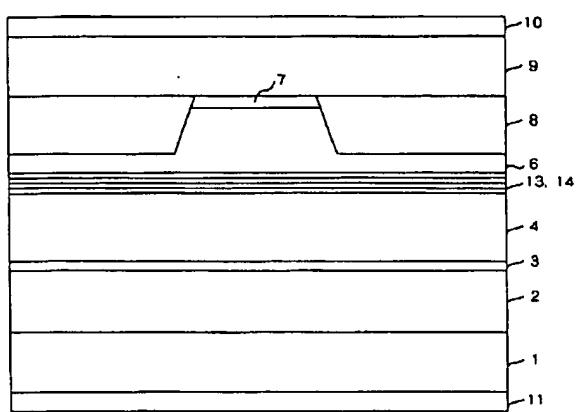
図 4



BEST AVAILABLE COPY

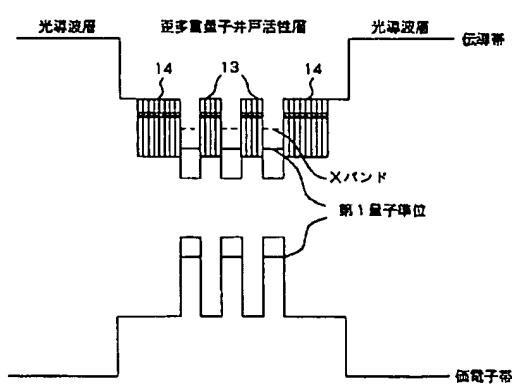
【図5】

図 5



【図6】

図 6



BEST AVAILABLE COPY